PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 5 : B23K 26/02

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 91/12923

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 5. September 1991 (05.09.91)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE91/00188

(22) Internationales Anmeldedatum: 1. März 1991 (01.03.91)

(30) Prioritätsdaten:
P 40 06 622.3 2. März 1990 (02.03.90) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US)*: FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstraße 54, D-8000 München (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)* : KÖHLER, Ulrich [DE/DE]; Jakobstr. 27, D-5100 Aachen (DE). BEYER, Eckhard [DE/DE]; Haarweg 17, D-5100 Aachen (DE).

(74) Anwalt: PATENTSTELLE FÜR DIE DEUTSCHE FORSCHUNG DER FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT E.V.; Leonrodstraße 68, D-8000 München 19 (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), AU, BB, BE (europäisches Patent), BF (OAPI Patent), BG, BJ (OAPI Patent), BR, CA, CF (OAPI Patent), CG (OAPI Patent), CH (europäisches Patent), CM (OAPI Patent), DE (europäisches Patent), DK (europäisches Patent), ES (europäisches Patent), FI, FR (europäisches Patent), GA (OAPI Patent), GB (europäisches Patent), GR (europäisches Patent), HU, IT (europäisches Patent), JP, KP, KR, LK, LU (europäisches Patent), MC, MG, ML (OAPI Patent), MR (OAPI Patent), MW, NL (europäisches Patent), NO, PL, RO, SD, SE (europäisches Patent), SN (OAPI Patent), SU, TD (OAPI Patent), TG (OAPI Patent), US.

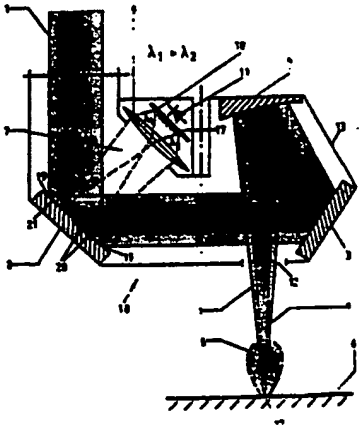
Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

(54) Title: DEVICE FOR MONITORING WORKPIECES MACHINED BY LASER BEAM

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUM ÜBERWACHEN VON MIT LASERSTRAHLUNG BEARBEITETEN WERKSTÜCKEN

(57) Abstract

A device for monitoring workpieces (6) machined by laser beam, in particular a CO_2 laser beam, comprises a machining optical system (18) which directs, in particular focuses, the laser beam onto the machining site (17) and a beam-reflecting mirror (2) arranged in the optical path of the laser beam (1) from which at least a fraction of the secondary beam (7) deflected from the machining site (17) into the machining optical system (18) is directed to an evaluation unit (10) which analyses this beam (7) preferably during machining. To ensure problem-free analysis of the secondary beam with simple means even during high-powered laser machining, the device is designed so that the beam-reflecting mirror (2) has a diffraction grid (20) for the laser beam (1) in the reflection region (19-19) which directs a predetermined diffraction order of the secondary beam (7) onto the evaluation unit (10) and is inoperative in the wavelength range of the laser beam.



(57) Zusammenfassung

Vorrichtung zum Überwachen von mit Laserstrahlung bearbeiteten Werkstücken (6), insbesondere CO_2-Laserstrahlung, mit einer den Laserstrahl (1) auf die Bearbeitungsstelle (17) lenkenden, insbesondere fokussierenden Bearbeitungsoptik (18), und mit einem im Strahlengang des Laserstrahls (1) angeordneten strahlungsreflektierenden Spiegel (2), von dem zumindest ein Anteil einer von der Bearbeitungsstelle (17) in die Bearbeitungsoptik (18) abgestrahlten Sekundärstrahlung (7) einer diese Strahlung (7) vorzugsweise während der Bearbeitung analysierenden Auswertungseinheit (10) zugelenkt ist. Um die Sekundärstrahlung auch bei mit hoher Leistung erfolgender Laserbearbeitung mit einfachen Mitteln problemlos analysieren zu können, wird die Vorrichtung so ausgebildet, daß der strahlungsreflektierende Spiegel (2) im Reflexionsbereich (19-19) für den Laserstrahl (1) mit einem Beugungsgitter (20) versehen ist, das eine vorbestimmte Beugungsordnung der Sekundärstrahlung (7) auf die Auswertungseinheit (10) lenkt und im Wellenlängenbereich der Laserstrahlung unwirksam ausgebildet ist.

BEST AVAILABLE COPY

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	ES	Spanien	ML	Mali
AU	Australien	FI	Finnland	MN	Mongolei
BB	Barbados	FR	Frankreich	MR	Mauritanien
BE	Belgien	GA	Gabon	MW	Malawi
BF	Burkina Faso	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BG	Bulgarien	GN	Guinea	NO	Norwegen
BJ	Benin	GR	Griechenland	PL	Polen
BR	Brasilien	HU	Ungarn	RO	Rumänien
CA	Kanada	IT	Italien	SD	Sudan
CF	Zentrale Afrikanische Republik	JP	Japan	SE	Schweden
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SN	Senegal
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SU	Soviet Union
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	TD	Tschad
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	TG	Togo
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DE	Deutschland	MC	Monaco		
DK	Dänemark	MG	Madagaskar		

Vorrichtung zum Überwachen von mit Laserstrahlung bearbeiteten Werkstücken

Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Überwachen von mit Laserstrahlung bearbeiteten Werkstücken, insbesondere CO_2-Laserstrahlung, mit einer den Laserstrahl auf die Bearbeitungsstelle lenkenden, insbesondere fokussierenden Bearbeitungsoptik, und mit einem im Strahlengang des Laserstrahls angeordneten strahlungsreflektierenden Spiegel, von dem zumindest ein Anteil einer von der Bearbeitungsstelle in die Bearbeitungsoptik abgestrahlten Sekundärstrahlung einer diese Strahlung vorzugsweise während der Bearbeitung analysierenden Auswertungseinheit zugelenkt ist.

Stand der Technik

Bei der Bearbeitung von Werkstücken wird deren Werkstoff je nach Bearbeitungsprozeß durch Wärmeeinkopplung beeinflußt. Der Werkstoff strahlt die eingekoppelte Wärmeenergie zum Teil zurück. Diese zurückgestrahlte sogenannte Sekundärstrahlung ist abhängig von der Art des Prozesses, wie er beim Schweißen, Schneiden, Abtragen, Härten oder Umschmelzen durchgeführt wird, und auch abhängig vom Werkstoff, der beispielsweise metallisch, organisch oder anorganisch sein kann. Die Sekundärstrahlung ist entweder kontinuierlich, z.B. bei einer nicht schmelzebildenden Aufheizung des Werkstücks oder diskret, z.B. durch Plasmabil-

dung. Auch Prozeßfehler beeinträchtigen die Sekundärstrahlung, z.B. Schweißaussetzer, Leistungsabfall des Lasers oder Linsenverschmutzung. Die Sekundärstrahlung ist dementsprechend jeweils unterschiedlich stark und/oder unterschiedlich spektral zusammengesetzt. Sie kann daher dazu benutzt werden, die sie beeinflussenden, vorgenannten Ursachen zu ermitteln, um dementsprechend in den Bearbeitungsprozeß regelnd eingreifen zu können. Ein solches Messen und Eingreifen kann insbesondere gleichzeitig mit der Bearbeitung erfolgen, was bei verschiedenen Prozessen besonders wichtig ist, um ein gutes Bearbeitungsergebnis zu erreichen. Beispielsweise ist während der Bearbeitung eine Analyse des Laserstrahlschweißens und dessen Regelung insbesondere dann von Bedeutung, wenn das Schweißen mit Hilfe eines laserstrahlinduzierten Schweißplasmas erfolgt, dessen Ausprägung und zeitliche Fluktuation die Qualität des Schweißergebnisses hinsichtlich Durchschweißungsgrad, Porenbildung, Bearbeitungsunterbrechung, Humpingeffekt usw. charakterisiert. Ähnliches gilt für das Laserstrahlschneiden. Aber auch die thermische Oberflächenbehandlung durch Laserstrahlung, wie das Umwandlungshärten, das Umschmelzen, das Dispergieren oder das Beschichten ist derart kritisch, daß ein gutes Bearbeitungsergebnis häufig nur dann zu erreichen ist, wenn während des Prozesses geregelt werden kann, so daß unerwünschte komplexe Strukturen, wie lokale Anschmelzungen der Oberflächenkonturen, vermieden werden können.

Es ist allgemein bekannt, bei der Laserstrahlbearbeitung von Werkstücken während der Bearbeitung Detektoren einzusetzen, beispielsweise Fotodioden, welche verschiedene blaue und infrarote Spektralanteile der vom laserstrahlinduzierten Schweißplasma ausgehenden Sekundärstrahlung auswerten. Die Detektoren müssen neben der Bearbeitungsoptik angeordnet und exakt auf die Bearbeitungsstelle ausgerichtet werden. Daraus ergeben sich Platzprobleme, weil zusätzliche Zuführungs- und Befestigungseinrichtungen der Diagnostikgeräte erforderlich sind, ferner Justageprobleme und Verschmutzungsgefahr durch Schweißspritzer, Dämpfe und Zusatzwerkstoffe sowie mangelnde Flexibilität der gesamten optischen Einrichtung bei kombinierten oder dicht nacheinander durchzuführenden Verfahren, wie Schneiden, Schweißen, Umschmelzen und Vergüten mit Laserstrahlung. Erheb-

lich sind auch die Anforderungen an die Nachführung des Detektors, um zu einer exakten Messung der Sekundärstrahlung zu kommen.

Eine Vorrichtung mit den eingangs genannten Merkmalen ermöglicht es, den Bearbeitungsprozeß durch die Bearbeitungsoptik zu beobachten, so daß die vorgenannten, durch eine Anordnung des Detektors neben der Bearbeitungsoptik gegebenen Nachteile entfallen. Der bei dieser bekannten Vorrichtung eingesetzte Spiegel ist eine allgemein bekannte Strahlteilungsplatte, nämlich eine ZnSe-Strahlteilungsplatte, mit der erreicht wird, daß der Laserstrahl bis auf einen geringen, der Strahlanalyse dienenden Anteil reflektiert wird, während die ebenfalls auf den Spiegel treffende Sekundärstrahlung weit weniger reflektiert wird, weil sie eine von der Wellenlänge der verwendeten Laserstrahlung abweichende Wellenlänge hat, für die die Reflexionsfähigkeit des Spiegels weit geringer ist, als für die Laserstrahlung. Diese bekannte Vorrichtung ist noch verbesserungsfähig, weil der eingesetzte Strahlungsteiler zumindest für einige Wellenlängen der Sekundärstrahlung noch ein erhebliches Reflexionsvermögen hat, so daß die Detektion und die Auswertung dieser Sekundärstrahlanteile erheblich erschwert ist. Außerdem hat die bekannte Strahlteilungsplatte die allgemein bekannten Nachteile, insbesondere ist sie für höhere Strahlungsintensitäten nur begrenzt einsetzbar.

Ferner ist es aus der DE 36 23 409 A1 bekannt, Umlenkspiegel zu verwenden, die mit Bohrungen zum Ausblenden von Sekundärstrahlung so versehen sind, daß letztere auf Detektoren treffen kann, mit denen die Bearbeitungsoptik im Sinne einer Minimierung der Sekundärstrahlung verfahren werden kann. Die zum Detektieren der Sekundärstrahlung erforderlichen Bohrungen sind vergleichsweise zahlreich, so daß sich dementsprechend ein Flächenanteil der gesamten reflektierenden Spiegelfläche ergibt, der nicht dazu benutzt werden kann, um den Laserstrahl umzulenken. Es sind infolgedessen diffuse Reflexionen der Laserstrahlung sowie auf diesen und der Erwärmung des Umlenkspiegels beruhende Verluste in Kauf zu nehmen.

Die vorbekannte Vorrichtung hat darüber hinaus den grundsätzlichen Nachteil, daß ihr teilreflektierender Spiegel die Strahlungsteilung des Laserstrahls und die Strahlungsteilung der von der Bearbeitungsstelle zurückgestrahlten Sekundärstrahlung miteinander koppelt, was nicht im Sinne einer optimalen Systemauslegung ist, weil beispielsweise eine Strahlanalyse mit dem vom Teilungsspiegel ausgekoppelten Strahlanteil nicht ausreichend oder unzweckmäßig sein kann.

Darstellung der Erfindung

Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art so zu verbessern, daß sie eine Überwachung der Bearbeitungsstelle ohne Beeinträchtigung der zur Bearbeitung verwendeten Laserstrahlung ermöglicht, wobei die infolge der Beobachtung der Bearbeitungsstelle durch das für die Laserstrahlung verwendete optische System gegebenen Vorteile erhalten bleiben sollen.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß der strahlungsreflektierende Spiegel im Reflexionsbereich für den Laserstrahl mit einem Beugungsgitter versehen ist, das eine vorbestimmte Beugungsordnung der Sekundärstrahlung auf die Auswertungseinheit lenkt und im Wellenlängenbereich der Laserstrahlung unwirksam ausgebildet ist.

Für die Erfindung ist von Bedeutung, daß der strahlungsreflektierende Spiegel mit einem Beugungsgitter versehen ist, mit dem die Sekundärstrahlung ohne Beeinflussung der Laserstrahlung abgelenkt werden kann. Das Beugungsgitter kann in Verbindung mit herkömmlichen Spiegelgestaltungen verwendet werden, die sich insbesondere auch bei hohen Laserleistungen bewährt haben, beispielsweise bei Metallspiegeln. Die Metallspiegel sind thermisch hoch belastbar und bei ihnen können die Beugungsgitter ohne erheblichen Aufwand hergestellt werden. Es ist auch nicht erforderlich, die Spiegel mit Bohrungen oder dergleichen komplizierten Formgebungen auszubilden, um damit Sekundärstrahlung messen zu können. Da bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung der Vorrichtung die Strahlwege des CO_2-Laserstrahls und der vom Werkstück emittierten Sekundärstrahlung ungeachtet des Bearbeitungsverfahrens und der Bearbeitungsgeometrie stets gleich

bleiben, wird exakt die Bearbeitungsstelle ausgemessen, also die Wechselwirkungszone zwischen Laserstrahl und Werkstück.

In Ausgestaltung der Erfindung ist die Vorrichtung so ausgebildet, daß das Beugungsgitter eines einzigen Spiegels einen die erste oder zugleich auch eine auf eine andere Frequenz bezogene höhere Beugungsordnung der Sekundärstrahlung reflektierenden Gitterabstand aufweist, und daß die Auswertungseinheit in der durch die Beugungsanordnung bestimmten Reflexionsrichtung angeordnet ist. Infolgedessen ergibt sich eine spektralmäßige Zerlegung der Sekundärstrahlung, bei der also deren Spektralanteile in unterschiedliche Richtungen reflektiert werden. Diese Zerlegung der kurzwelligen Sekundärstrahlung nach dem Spektrographenprinzip ermöglicht es also bei entsprechender Auslegung des Beugungsgitters, die gewünschten Spektralanteile ohne weiteres herauszufiltern und durch entsprechend angeordnete Detektoren der Auswertungseinheit getrennt aber gleichzeitig registrieren zu können. Damit erübrigt sich die bei den bekannten Vorrichtungen erforderliche spektrale Zerlegung der Sekundärstrahlung durch Einsatz von Filtern oder Strahlteilern, was bekanntlich mit Strahlungsverlusten verbunden ist und daher das Detektieren erschwert. Auch bei dieser Ausgestaltung der Vorrichtung ist der mit dem Beugungsgitter versehene Spiegel ein in derselben Weise einfaches Bauteil. Wenn das Beugungsgitter so ausgebildet ist, daß es infolge seines Gitterabstandes zugleich auch eine auf eine andere Frequenz bezogene höhere Beugungsordnung der Sekundärstrahlung reflektiert, so wird dadurch erreicht, daß derselbe strahlungsreflektierende Spiegel zum Auskoppeln von Sekundärstrahlung dieser anderen Frequenz benutzt werden kann, also ohne Spiegelumbau.

Das Beugungsgitter des Spiegels ist von einem Strichgitter gebildet, das aus einer Vielzahl äquidistanter Rillen besteht. Der Rillenabstand wird auf denjenigen Wellenbereich der polychromatischen Sekundärstrahlung abgestimmt, der vornehmlich detektiert werden soll. Außerdem wird dieser Abstand so gewählt, daß eine Ablenkung der Laserstrahlung von der vorgesehenen Strahlrichtung nicht erfolgt. Vorteilhafterweise ist die Vorrichtung so ausgebildet, daß das Beugungsgitter bei CO_2-Laserstrahlung im Wellenlängenbereich von 200 nm bis 2 µm wirksam

ist. Gegenüber diesen Bereich ist die Wellenlänge des CO_2-Laserstrahls mit $\lambda = 10,6$ µm mindestens um den Faktor 10 größer als die detektierte Sekundärstrahlung. Eine derartige Bemessung der Vorrichtung ist also für die CO_2-Hochleistungslaser besonders geeignet. Gerade derartige Hochleistungslaser bedürfen einer umfangreichen und exakten Kontrolle des Bearbeitungsbereichs.

Um die mit Hilfe des Beugungsgitters abgelenkte Sekundärstrahlung möglichst vollständig zu erfassen, ist die Vorrichtung so ausgebildet, daß zwischen dem Spiegel und der Auswertungseinheit eine die vom Spiegel reflektierte Sekundärstrahlung auf einen oder mehrere Detektoren der Auswertungseinheit bündelnde Linse oder ein bündelnder Spiegel angeordnet ist. Die mehreren Detektoren werden dann eingesetzt, wenn eine Integration von Strahlung einer einzigen Wellenlänge erfolgen soll, oder wenn Sekundärstrahlung unterschiedlicher Wellenlängen diesen Wellenlängen entsprechend separat ausgemessen werden soll. In letzterem Fall kann die Vorrichtung so ausgebildet sein, daß unterschiedlichen Spektralanteilen der vom Spiegel reflektierten Sekundärstrahlung separate Detektoren zugeordnet sind, deren den Spektralanteilen entsprechende Signale der gewünschten Prozeßsteuerung entsprechend auswertbar sind.

Wenn die Vorrichtung so ausgebildet ist, daß das Beugungsgitter des Spiegels von einem Strichgitter gebildet ist, das aus einer Vielzahl von Rillen besteht, die jeweils unterschiedlichen Gitterabstand voneinander und entsprechend dem Strahleinfallswinkel gekrümmten Verlauf haben, liegt eine Ausgestaltung des Beugungsgitters als fokussierende Fresnel-Zonenplatte vor, die also als Sammellinse wirkt, so daß auf den Einsatz einer zusätzlichen Sammellinse verzichtet werden kann. Es ist also bei dieser Ausgestaltung der Vorrichtung mit Hilfe eines einfachen Spiegelbauteils möglich, eine Vielzahl von Detektoren mit unterschiedlichen Spektralanteilen der Sekundärstrahlung fokussiert zu beaufschlagen, was eine erhebliche Vereinfachung der Vorrichtung bedeutet.

Infolge der grundsätzlichen Einfachheit der Vorrichtung kann auch erreicht werden, daß bereits in Betrieb befindliche Bearbeitungsoptiken auf einfache Weise umgebaut werden können,

beispielsweise dadurch, daß der mit einem Beugungsgitter versehene Spiegel im Laserstrahlengang zwischen dem Laser und dessen Bearbeitungsoptik angeordnet ist, oder daß ein optisches Element der Bearbeitungsoptik durch ein mit einem Beugungsgitter versehenes optisches Element ersetzt wird.

Wenn im Strahlengang des Laserstrahls mehrere strahlungsreflektierende Spiegel mit jeweils unterschiedlichen Beugungsgittern angeordnet und einer Auswertungseinheit oder mehreren Einheiten zugeordnet sind, so läßt sich die von diesen Spiegeln reflektierte Sekundärstrahlung entsprechend mehrfach spektrographisch analysieren. Damit kann die Ausgestaltung der Vorrichtung im Einzelnen bzw. ihrer Spiegel und Auswertungseinheiten leichter an die jeweils gegebenen räumlichen Erfordernisse angepaßt werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Die Erfindung wird anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigt:

Fig.1 eine erste Ausführungsform der Erfindung,

Fig.2a,2b und Fig.3 Darstellungen zur grundsätzlichen Wirkung von mit Beugungsgittern versehenen Spiegeln, und

Fig.4 eine weitere Ausführungsform der Erfindung.

Bester Weg zur Ausführung der Erfindung

In der Fig.1 ist eine herkömmliche Bearbeitungsoptik 18 dargestellt, in der ein vertikal einfallender Laserstrahl 1 von einem ersten Umlenkspiegel 2 horizontal auf einen zweiten, auf demselben Höhenniveau angeordneten Umlenkspiegel 3 gelenkt wird, von dem aus ein oberhalb dieses Umlenkspiegels 3 angeordneter Fokussierspiegel 4 den Laserstrahl 1 vertikal nach unten auf eine Bearbeitungsstelle 17 eines Werkstücks 6 lenkt. Es versteht sich jedoch, daß unter dem Begriff Bearbeitungsoptik jedes den Laserstrahl auf seinem Weg vom Laser zur Bearbeitungsstelle irgendwie beeinflussende optische Element verstanden wird. Der Fokussierspiegel 4 bündelt den Laserstrahl 1 derart, daß dessen Fokus im Bereich der Bearbeitungsstelle 17 liegt und dort ein Schweißprozeß durchgeführt werden kann. In Fig.1 ist ein Plasma 5 dargestellt, mit der die Energie des Laserstrahls 1 in das Werkstück 6 eingekoppelt wird. Statt eines

Schweißprozesses kann mit der Bearbeitungsoptik auch ein anderer Bearbeitungsvorgang durchgeführt werden, beispielsweise eine Härtung der Oberfläche des Werkstücks 6. Außer der Bearbeitungsoptik 18 sind die für die Bearbeitungsprozesse desweiteren noch benötigten Einrichtungen vorhanden, wie Strahldüsen usw., die aber nicht dargestellt wurden. Die in das Werkstück 6 eingekoppelte Energie des Laserstrahls 1 führt zur Erwärmung des Werkstücks 6 und beispielsweise zu der vorerwähnten Plasmabildung. Infolgedessen geht eine von der Bearbeitungsstelle 17 emittierte Sekundärstrahlung 7 aus, die durch die Austrittsöffnung 12 eines Gehäuses 13 der Bearbeitungsoptik 18 zurück in letztere gelangt und von den Spiegeln 2,3 und 4 auf der Bahn des Laserstrahls 1 zurückreflektiert wird.

Um die Sekundärstrahlung 7 zur Prozeßbeobachtung an der Bearbeitungsstelle 17 ausnutzen zu können, ist der Umlenkspiegel 2, oder in nicht dargestellter Weise ein anderer Spiegel der Bearbeitungsoptik 18, mit einem Beugungsgitter 20 versehen, welches die Sekundärstrahlung aus der Bahn des Laserstrahls 1 abzulenken erlaubt. Das Beugungsgitter 20 befindet sich also im der Umlenkung des Laserstrahls 1 dienenden Reflexionsbereich 19-19 des Spiegels 2. Das Beugungsgitter 20 dieses Spiegels 2 ist ein Strichgitter, gebildet aus einer Vielzahl von Rillen 21. Die Form und die Tiefe dieser Rillen und ihr Abstand d sind so gewählt, daß von der einfallenden Laserstrahlung nur ein kleiner Teil diffus reflektiert werden kann. Die Energieverluste des Laserstrahls 1 in der Bearbeitungsoptik bzw. durch das Beugungsgitter 20 sind also gering.

Die vom Beugungsgitter 20 aus der Bahn des Laserstrahls 1 abgelenkte Sekundärstrahlung 7 gelangt zu einer Auswertungseinheit 10, der eine Sammellinse 9 vorgeordnet ist. Die Sammellinse 9 fokussiert die einfallende Sekundärstrahlung 7 auf einen Detektor 11 oder auf mehrere Detektoren der Auswertungseinheit 10, wobei ein Detektor 11 symbolisch als Fotodiode dargestellt ist.

In Fig.2a ist das Beugungsgitter 20 mit einer Vielzahl äquidistanter Rillen 21 des Gitterabstands d dargestellt. Fig.2b zeigt einen in der Richtung des Pfeils 14 auf einen Um-

lenkspiegel 2 gerichteten Laserstrahls 1 eines Kohlendioxidlasers mit der Wellenlänge λ_{CO2} = 10,6 µm. Dieser Laserstrahl 1 wird ohne Beeinträchtigung durch das Beugungsgitter 20 vom Spiegel 2 reflektiert. In entgegengesetzter Richtung 15 gelangt Sekundärstrahlung 7 auf den Umlenkspiegel 2. Diese Sekundärstrahlung wird in einem Wellenlängenbereich zwischen 200 nm und 2 µm ausgenutzt, das heißt vom Beugungsgitter 20 aus der gepunktet dargestellten Bahn abgelenkt. Unerwünschte Wellenlängenanteile, beispielsweise Reste direkt reflektierter Kohlendioxidstrahlung bleiben unabgelenkt, können also das Meßergebnis nicht verfälschen.

Das Beugungsgitter 20 ist mit einem solchen Gitterabstand d ausgebildet, daß die erste Beugungsordnung reflektiert wird. Dabei ergibt sich bei der Reflexion eine Zerlegung der Sekundärstrahlung 7 in die unterschiedlichen Spektralanteile. Fig.2 stellt dies beispielsweise für die Spektralanteile mit den Wellenlängen λ1 und λ2 dar. Das Licht der Wellenlänge λ1 der Sekundärstrahlung wird in geringerem Maße abgelenkt, als das Licht der Wellenlänge λ2. Die Wellenlänge λ1 ist daher größer als die Wellenlänge λ2. Die Spektralanteile unterschiedlicher Wellenlängen können von mehreren Detektoren der Auswertungseinheit 10 erfaßt werden.

Fig.3 zeigt ein Beugungsgitter 20 mit einer Vielzahl von Rillen 21, die jeweils unterschiedlichen Gitterabstand d(n) voneinander aufweisen. Außerdem haben die Rillen 21 einen gekrümmten Verlauf, wobei die Krümmung dem Strahleinfallswinkel entsprechend gewählt ist. Der zugehörige Umlenkspiegel 2 ist infolgedessen in seinem das Beugungsgitter 20 aufweisenden Reflexionsbereich als Fresnel-Zonenplatte ausgebildet, die die reflektierten Spektralanteile der Sekundärstrahlung jeweils fokussiert. Bei einer derartigen Ausbildung des Umlenkspiegels 2 ist es nicht erforderlich, eine Sammellinse 9 zu verwenden.

Die durch eine Sammellinse 9 oder eine Fresnel-Zonenplatte reflektierte Sekundärstrahlung 7 bzw. ihre jeweiligen Spektralanteile, gekennzeichnet durch die Wellenlängen λ1,λ2 usw., werden gemäß Fig.1 auf mehrere, jeweils separate Detektoren 11 der Auswertungseinheit 10 gelenkt und fokussiert, was in den Fig.1,

4 durch die Pfeilspitzen 17 symbolisiert ist. Die einzelnen Detektoren 11 geben den Sekundärstrahlungsanteilen entsprechende Signale ab, die in herkömmlicher Weise zur Anzeige und/oder zur Regelung des Prozesses verwendet werden können. Dabei wird davon Gebrauch gemacht, daß die unterschiedlichen Spektralanteile der Sekundärstrahlung unterschiedlichen Vorgängen der Bearbeitungsstelle zugeordnet werden können, beispielsweise der Plasmabildung, dem Humpingeffekt oder einer Schweißstellenausbildung, beispielsweise dem Durchschweißen oder einer Porenbildung.

Bereits existierende Bearbeitungsoptiken können einfach nachgerüstet werden. Entweder wird ein bereits im Einsatz befindlicher Spiegel nachträglich mit einem Beugungsgitter 20 versehen, oder es wird ein mit einem Beugungsgitter versehener Spiegel 2 in den Strahlengang eines Laserstrahls eingefügt, zweckmäßigerweise zwischen den Laser und dessen Bearbeitungsoptik 18. Fig.4 zeigt eine solche zur Nachrüstung einer Bearbeitungsoptik 18 geeignete Einrichtung, von der ein in Richtung 14 eingestrahlter Laserstrahl 1 mit der Wellenlänge λ_{CO2} von einem Umlenkspiegel 16 auf einen mit einem Beugungsgitter 20 versehenen Spiegel 2 umgelenkt wird, der parallel zur Richtung 14 ausgerichtet ist. Von diesem Spiegel 2 wird der Laserstrahl 1 auf einen weiteren Umlenkspiegel 16' gelenkt, der den Laserstrahl 1 wieder in die Richtung 14 zurücklenkt. Die der Richtung 14 entgegengesetzt einfallende Sekundärstrahlung wird vom Beugungsgitter 20 aus der Bahn des Laserstrahls 1 abgelenkt, und zwar auf eine Sammellinse 9, welche die Sekundärstrahlung in zur Fig.1 beschriebenen Weise auf eine Auswertungseinheit 10 fokussiert.

Für die Ausbildung der Vorrichtung ist noch von Bedeutung, daß die Sekundärstrahlung durch das Beugungsgitter 20 in einen Bereich zwischen den auf den Spiegel 2 einfallenden Strahlengangabschnitt 22 und den vom Spiegel 2 abgehenden Strahlengangabschnitt 23 abgelenkt wird. Dies ermöglicht eine jeweils gute Raumausnutzung der Bearbeitungsoptik 18 bzw. der einer solchen Optik nachzurüstenden, also zwischen Laser und Bearbeitungsoptik 18 anzuordnenden Meßoptik für die Sekundärstrahlung gemäß Fig.4.

In den Ausführungsbeispielen ist davon ausgegangen worden, daß diejenige Sekundärstrahlung der Überwachung dient, die von dem in Richtung auf den Laserstrahl letzten optischen Element der Bearbeitungsoptik in den Strahlengang des Laserstrahls zurückgegeben wird. Das ist jedoch nicht zwingend erforderlich. Es ist vielmehr auch möglich, was insbesondere bei schräger Bestrahlung des Werkstücks mit dem Laserstrahl von Vorteil wäre, ein besonderes optisches Element vorzusehen, mit dessen Hilfe vom Werkstück rückgestrahlte Sekundärstrahlung in den Strahlengang des Laserstrahls rückgekoppelt wird, um sie dort einem mit Beugungsgitter versehenen Spiegel zuzulenken.

Gewerbliche Verwertbarkeit

Die Vorrichtung dient zum Messen und Überwachen der Laserstrahlung an der Bearbeitungsstelle des Lasers, ohne daß es zu einer Beeinträchtigung des zur Bearbeitung verwendeten Laserstrahls kommt.

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zum Überwachen von mit Laserstrahlung bearbeiteten Werkstücken (6), insbesondere CO_2-Laserstrahlung, mit einer den Laserstrahl (1) auf die Bearbeitungsstelle (17) lenkenden, insbesondere fokussierenden Bearbeitungsoptik (18), und mit einem im Strahlengang des Laserstrahls (1) angeordneten strahlungsreflektierenden Spiegel (2), von dem zumindest ein Anteil einer von der Bearbeitungsstelle (17) in die Bearbeitungsoptik (18) abgestrahlten Sekundärstrahlung (7) einer diese Strahlung (7) vorzugsweise während der Bearbeitung analysierenden Auswertungseinheit (10) zugelenkt ist, dadurch gekennzeichnet, daß der strahlungsreflektierende Spiegel (2) im Reflexionsbereich (19-19) für den Laserstrahl (1) mit einem Beugungsgitter (20) versehen ist, das eine vorbestimmte Beugungsordnung der Sekundärstrahlung (7) auf die Auswertungseinheit (10) lenkt und im Wellenlängenbereich der Laserstrahlung unwirksam ausgebildet ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Beugungsgitter (20) eines einzigen Spiegels (2) einen die erste oder zugleich auch eine auf eine andere Frequenz bezogene höhere Beugungsordnung der Sekundärstrahlung (7) reflektierenden Gitterabstand (d) aufweist, und daß die Auswertungseinheit (10) in der durch die Beugungsanordnung bestimmten Reflexionsrichtung angeordnet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Beugungsgitter (20) des Spiegels (2) von einem Strichgitter gebildet ist, das aus einer Vielzahl äquidistanter Rillen (21) besteht.

4. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das

Beugungsgitter (20) bei CO_2-Laserstrahlung im Wellenlängenbereich von 200 nm bis 2 µm wirksam ist.

5. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Spiegel (2) und der Auswertungseinheit (10) eine die vom Spiegel (2) reflektierte Sekundärstrahlung (7) auf einen oder mehrere Detektoren (11) der Auswertungseinheit (10) bündelnde Linse (9) oder ein bündelnder Spiegel angeordnet ist.

6. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Beugungsgitter (20) des Spiegels (2) von einem Strichgitter gebildet ist, das aus einer Vielzahl von Rillen (21) besteht, die jeweils unterschiedlichen Gitterabstand d(n) voneinander und entsprechend dem Strahleinfallswinkel gekrümmten Verlauf haben.

7. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß unterschiedlichen Spektralanteilen der vom Spiegel (2) reflektierten Sekundärstrahlung (7) separate Detektoren (11) zugeordnet sind, deren den Spektralanteilen entsprechende Signale der gewünschten Prozeßsteuerung entsprechend auswertbar sind.

8. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der mit einem Beugungsgitter (20) versehene Spiegel (2) im Laserstrahlengang zwischen dem Laser und dessen Bearbeitungsoptik (18) angeordnet ist.

9. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß im Strahlengang des Laserstrahls (1) mehrere strahlungsreflektierende Spiegel (2) mit jeweils unterschiedlichen Beugungsgittern angeordnet und einer Auswertungseinheit (10) oder mehrere Einheiten zugeordnet sind.

FIG.1

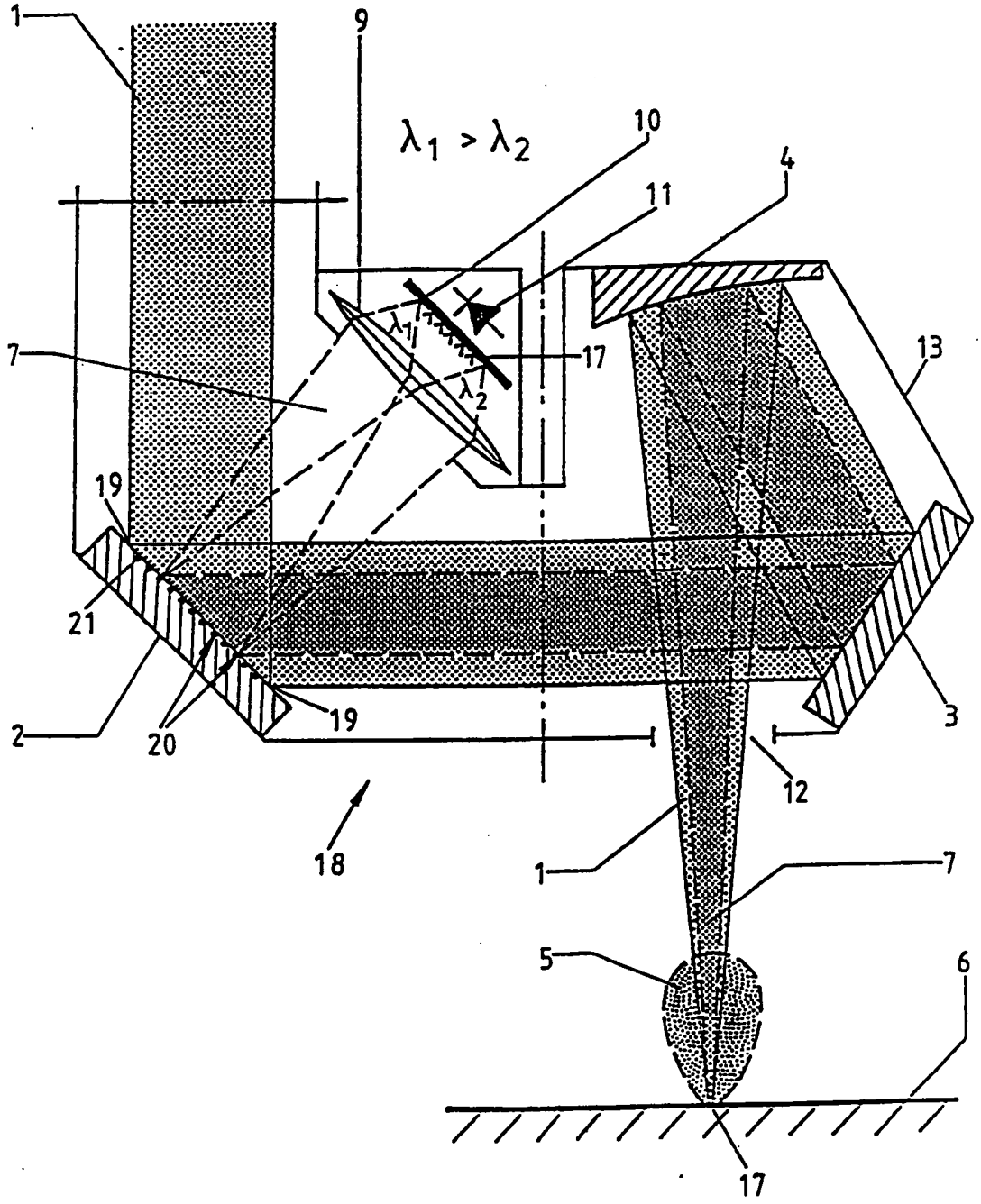

1
9
$\lambda_1 > \lambda_2$
10
11
4
7
17
13
λ_1
λ_2
19
21
2
20
19
3
12
18
1
7
5
6
17

FIG.1

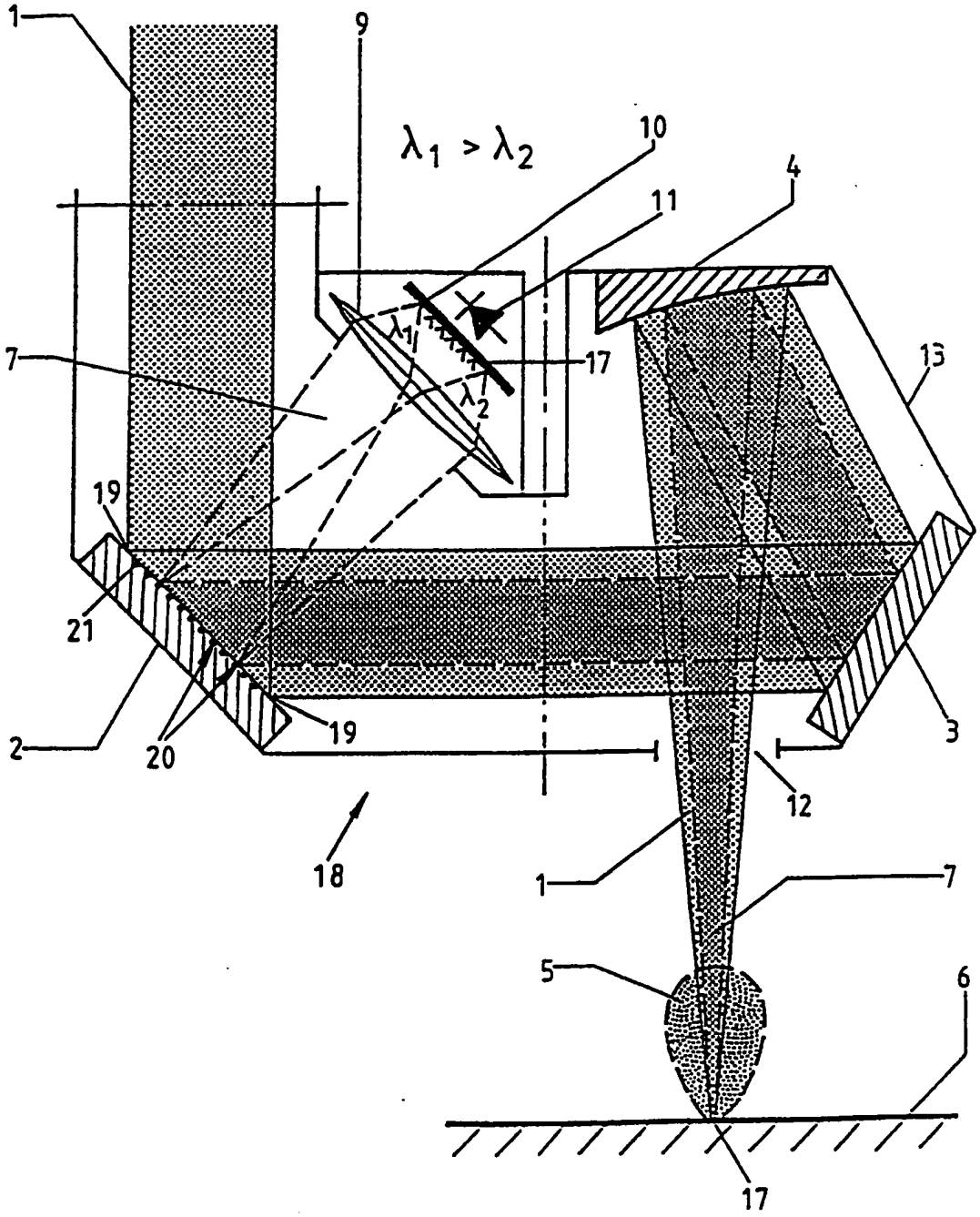
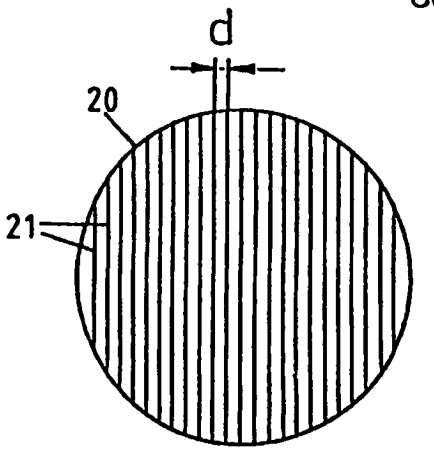

1
9
$\lambda_1 > \lambda_2$
10
11
4
7
17
13
λ_1
λ_2
19
21
2
20
19
3
12
18
1
7
5
6
17

FIG. 2a



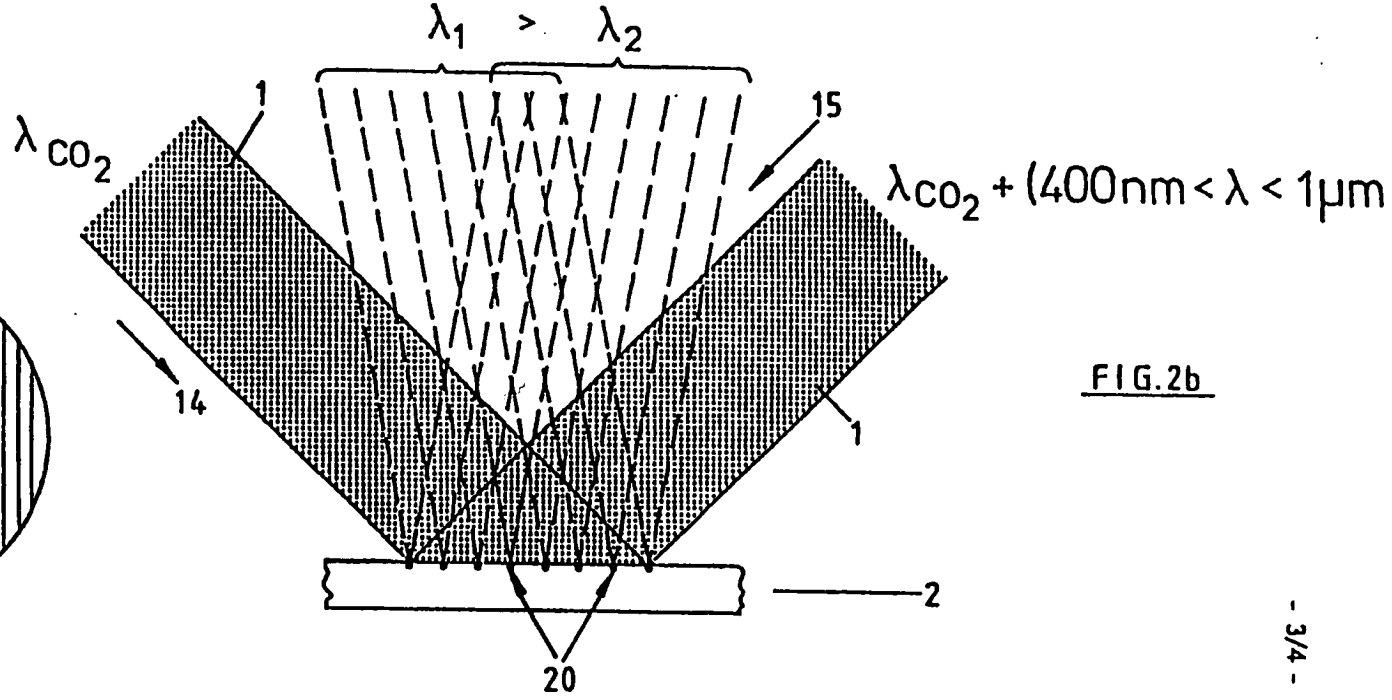
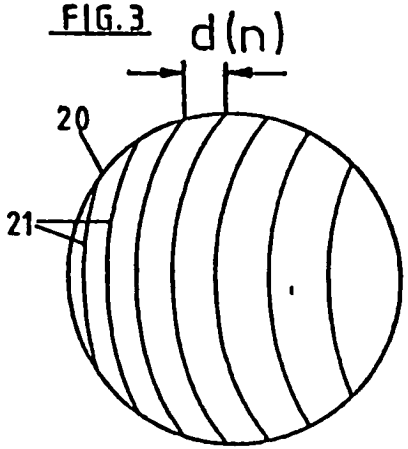


FIG. 2b

FIG. 3



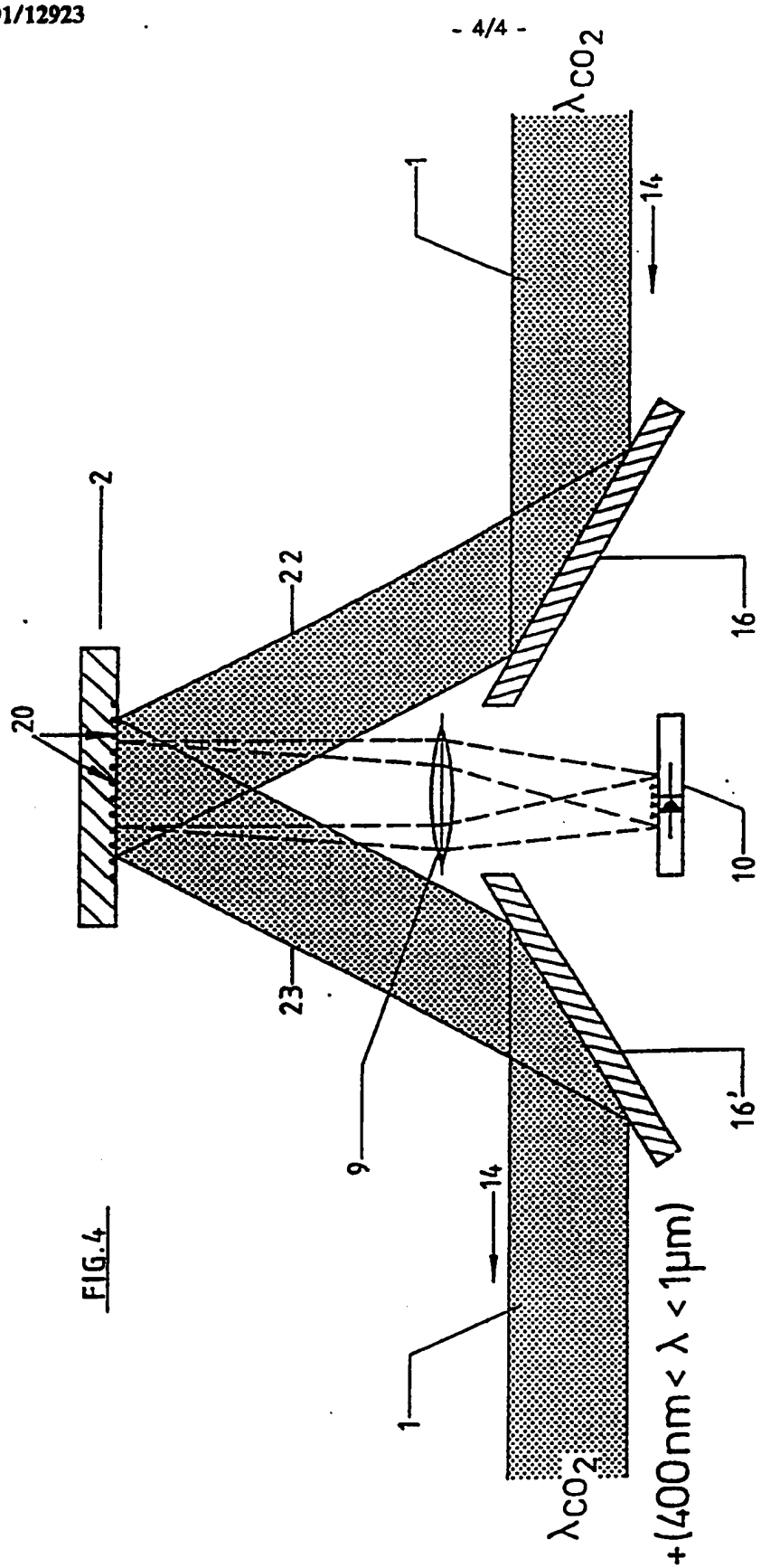


FIG.4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/DE91/00188

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) [6]

According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC

Int.Cl[5]: B23K 26/02

II. FIELDS SEARCHED

Minimum Documentation Searched [7]

Classification System	Classification Symbols
Int.Cl[5]	B23K

Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are included in the Fields Searched [8]

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT [9]

Category *	Citation of Document, [11] with indication, where appropriate, of the relevant passages [12]	Relevant to Claim No. [13]
X	US, A, 4887276 (UNITED TECHNOLOGIES) 12 December 1989 see column 1, lines 34-40; claims 1,3,5; figures 1-4	1,2,5, 8
A	see column 4, lines 3-11	
A	EP, A, 195375 (MASSACHUSSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 24 September 1986 see page 47, line 22 - page 49, line 24; figures 21-23	1,7,8
A	EP, A, 128119 (GRETAG AKTIENGESELLSCHAFT) 12 December 1984 see page 4, last paragraph - page 6, paragraph 1; figures 1,2	1-9

* Special categories of cited documents: [10]

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

IV. CERTIFICATION

Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report
27 May 1991 (27.05.91)	13 August 1991 (13.08.91)
International Searching Authority	**Signature of Authorized Officer**
European Patent Office	

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO. PCT/DE 91/00188

SA 44840

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 04/06/91
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A-4887276	12-12-89	None	
EP-A-195375	24-09-86	None	
EP-A-128119	12-12-84	DE-A- 3466767	19-11-87
		JP-A- 60006293	12-01-85
		US-A- 4633074	30-12-86

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/DE 91/00188

Internationales Aktenzeichen

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben)*

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

Int.Kl. 5 B23K26/02

II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff [7]

Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole
Int.Kl. 5	B23K

Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen [8]

III. EINSCHLAGIGE VEROFFENTLICHUNGEN [9]

Art.*	Kennzeichnung der Veröffentlichung [11], soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile [12]	Betr. Anspruch Nr.[13]
X	US,A,4887276 (UNITED TECHNOLOGIES) 12 Dezember 1989 siehe Spalte 1, Zeilen 34 - 40; Ansprüche 1, 3, 5; Figuren 1-4	1, 2, 5, 8
A	siehe Spalte 4, Zeilen 3 - 11	
A	EP,A,195375 (MASSACHUSSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 24 September 1986 siehe Seite 47, Zeile 22 - Seite 49, Zeile 24; Figuren 21-23	1, 7, 8
A	EP,A,128119 (GRETAG AKTIENGESELLSCHAFT) 12 Dezember 1984 siehe Seite 4, letzter Absatz - Seite 6, Absatz 1; Figuren 1, 2	1-9

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen [10]:

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

IV. BESCHEINIGUNG

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
27.MAI 1991	13. 08. 91
Internationale Recherchenbehörde	**Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten**
EUROPAISCHES PATENTAMT	ARAN D.D.

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.

PCT/DE 91/00188
SA 44840

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 04/06/91
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A-4887276	12-12-89	Keine	
EP-A-195375	24-09-86	Keine	
EP-A-128119	12-12-84	DE-A- 3466767	19-11-87
		JP-A- 60006293	12-01-85
		US-A- 4633074	30-12-86

EPO FORM P0473

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☑ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☑ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.
As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.